

УДК 159.9:614.8

ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ПОЖАРНЫХ-СПАСАТЕЛЕЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАБОЧЕЙ НАГРУЗКИ

**Н.Ю. Власенко¹, И.И. Макарова², А.В. Аксенова², К.А. Страхов²,
М.А. Власенко³, И.Н. Шукаева²**

¹Тверской государственной технической университет, Тверь

²Тверской государственной медицинский университет, Тверь

³Российский национальный исследовательский медицинский университет, Москва

В обследовании участвовало 240 пожарных-спасателей мужского пола в возрасте от 25 до 47 лет, которые были распределены по трем группам в зависимости от стажа: 1-6, 7-15, 16-25 лет службы. В начале и конце рабочей суточной смены по методике грудной тетраполярной реографии определяли параметры центральной гемодинамики. В начале рабочей смены у пожарных-спасателей первой группы обнаружены значимо высокие объемные показатели УО и СИ и временные значения МОК, УИ, ОСВ в сравнении с другими группами и нормативными параметрами. Через сутки у них выявлена тенденция к установлению гемодинамического баланса и соответствие нормативным показателям. Во второй и третьей группах на фоне исходного оптимального состояния в конце смены обнаружено превышение нормативных объемно-временных параметров работы сердца на фоне понижения ОПС.

***Ключевые слова:** объемно-временные показатели кровообращения, пожарные-спасатели, экстремальные условия труда.*

Введение. Сердечно-сосудистая система (ССС) рассматривается в экологической физиологии и физиологии труда как индикатор адаптационных реакций целостного организма. При этом ССС человека с ее многоуровневой регуляцией и саморегуляцией обеспечивает функционирование всех систем организма в изменяющихся условиях внешнего воздействия и участвует в реализации компенсаторных реакций организма в экстремальных условиях жизнедеятельности (Агаджанян, Нотова, 2006; Баевский, Берсенева, 2008; Окулов др., 2009; Гудков и др., 2012). Методы исследования функций ССС лежат в основе оценки степени напряжения регуляторных механизмов и функциональных резервов организма человека (Старшов, Смирнов, 2003). При этом особое внимание уделяется оценке функционального состояния сердца. Ценность функционально-диагностических процедур

значительно повышается в случае использования нагрузочных проб (Ванюшин, 2002; Иржак, 2002; Исупов, 2010). В физиологии труда традиционной нагрузочной пробой является рабочая смена.

В клинической и физиологической практике уровень функционирования ССС принято определять по ряду гемодинамических параметров. Одним из основных принято считать минутный объем кровообращения, отражающий способность обеспечивать адекватное снабжение кровью органов и тканей, уровень максимального потребления кислорода и физической работоспособности организма. Поскольку это основная функция ССС выполняется только при условии достаточной объемной скорости кровотока, то помимо минутного объема крови в качестве основных показателей определяют еще ударный объем кровообращения, частоту сердечных сокращений, общее периферическое сопротивление сосудов (Ванюшин, 2002; Антонов, 2004). Особый интерес оценка гемодинамических изменений приобрела в физиологии спорта и труда (Апанасенко, Попова, 2000; Агаджанян, Нотова, 2006).

Целью работы – исследование параметров центральной гемодинамики (ЦГД) в начале и конце рабочей смены с учетом профессионального стажа службы у пожарных-спасателей Федеральной противопожарной службы МЧС РФ по Тверской области.

Методика. Научное исследование выполнено в пожарных частях № 2,3,4 ФПС МЧС по Тверской области в 2015 г. В обследовании приняли участие 240 пожарных-спасателей мужского пола в возрасте от 25 до 47 лет со стажем службы от 1 до 25 лет, которые были распределены по трем группам в зависимости от стажа службы.

Первую группу составили 82 пожарных-спасателей со стажем службы от 1 до 6 лет в возрасте 24-33 года. За это время службы происходит поэтапное (через каждые 2 года) присвоение классов пожарных: третьего, второго и первого (Приказ № 707н, 2013). Этот период соответствует адаптации и овладения профессией.

Вторая группа была представлена 70 пожарными-спасателями со стажем службы 7–15 лет в возрасте 31-45 лет. За это время формируется высокий уровень профессионализма, характеризующийся максимальной эффективностью, устойчивостью и надежностью в работе. 23 сотрудника этой группы имеют присвоенный наивысший класс наставника.

В третью группу входили 88 пожарных-спасателей со стажем службы – 16-25 лет в возрасте 37-47 лет. Для специалистов экстремального профиля в этот период возможно развитие профессионального выгорания, когда могут проявляться дизадаптивные процессы, связанные с истощением ресурсов организма и возрастными изменениями (Климов, 2003). Режим службы

обследуемых составлял цикл из одних рабочих и трех суток отдыха. Обследование проводили в начале и конце рабочей суточной смены с 8-30 до 9-00 часов.

Для исследования центральной гемодинамики (ЦГД) был использован реоанализатор «Кредо» (фирма «ДНК и К», Тверь, Россия). Запись грудной тетрополярной реографии осуществляли с помощью четырех ленточных циркулярных электродов в положении лежа по W. Kubicek (Kubicek W, 1994). Оценивали следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин); ударный объем крови (УО, мл); минутный объем кровообращения (МОК, л/мин); ударный индекс (УИ, мл/м²); сердечный индекс (СИ, л/мин/м²); общее периферическое сопротивление (ОПС, дин/с/см); объемная скорость выброса (ОСВ, мл/сек); рабочий индекс левого желудочка (РИЛЖ, кг*м/м²). Для автоматического расчета показателей вводили в программу индивидуальные значения систолического и диастолического артериального давления (САД, ДАД, мм рт ст), определяемые с помощью механического тонометра «CS Medica CS 107» по методу Н.С. Короткова.

При математической обработке данных с помощью программы «Statistica 6» был использован дискриптивный анализ. Средние выборочные значения количественных признаков приведены в тексте в виде $M \pm m$, где M – среднее выборочное, m – стандартная ошибка среднего. Для оценки значимых различий применялся сравнительный анализ с использованием критериев Краскела-Уоллиса (для трех и более независимых выборок) и Стьюдента (для двух связанных выборок). Для проверки показателей на нормальность распределения использовали критерий Шапиро-Уилка. Взаимосвязи оценивали с помощью корреляционного анализа по критерию Пирсона. За критический уровень значимости различий принято значение $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. Сравнительный анализ показателей ЦГД выявил особенности ряда показателей в трех группах пожарных-спасателей (табл. 1).

Обнаружено, что ЧСС, САД и ДАД значимо выше во второй группе пожарных-спасателей.

Оценка объема крови во время выброса по значениям УО определила значимое превышение нормативных параметров в первой группе ($p=0,023$) на фоне других групп. Средние значения ударного индекса, рассчитываемого как отношение УО к поверхности тела, продемонстрировали аналогичную ситуацию ($p=0,037$). Среднегрупповые показатели временных значений МОК и СИ этой выборки также значимо выше в сравнении с другими, при этом МОК выходит за границы нормативных параметров.

Т а б л и ц а 1

Средние значения показателей ЦГД в начале рабочей смены ($M \pm m$)

Показатели, единицы измерения	1 группа (n=82), стаж 1-6 лет	2 группа (n=70), стаж 7-15 лет	3 группа (n=88), стаж 16-20 лет	Нормативные значения
ЧСС, уд/мин	64,7±2,3	73,9±2,0*	65,1±1,2^	60 - 90
САД, мм рт ст	122,3±4,2	135,7±3,4*	123,2±3,7^	110 - 139
ДАД, мм рт ст	77,5±2,6	89,3±3,5*	79,6±2,2^	60 - 89
УО, мл	128,4±4,1	92,3±3,7*	105,3±3,8•	65 - 100
МОК, л/мин	8,7±0,4	6,7±0,3*	7,1±0,3•	4,50 – 6,50
УИ, мл/м ²	60,2±3,4	46,3±3,7*	51,2±3,5•	30 -65
СИ, л/мин/м ²	4,1±0,3	3,4±0,1*	3,5±0,2•	1,9 – 3,6
ОПС, дин/с/см	1021,3±35,1	1287,4±68,1*	1373,6±77,3•	1100 - 1900
ОСВ, мл/сек	469,8±11,7	296,1±12,3*	344,8±11,3^•	180 - 325
РИЛЖ, кг*м/м ²	5,4±0,5	4,9±0,3	5,3±0,6	2,60 – 6,33

Примечание. М – среднее арифметическое, m – стандартная ошибка среднего арифметического; * - значимые различия средних 1 и 2 групп, ^ - значимые различия средних 2 и 3 групп, • - значимые различия средних 1 и 3 групп при $p \leq 0,05$.

Анализ значений ОПС первой группы, рассчитываемое как отношение среднего г

емодинамического давления к МОК, показал значимое его снижение в сравнении с нормативными параметрами и другими группами ($p=0,043$).

Объемная скорость сердечного выброса определяется как отношение ударного объема крови к времени изгнания из сердца. Средние показатели ОСВ первой и третьей групп превысили нормативные и значимо отличались во всех выборках ($p=0,012$).

Среднегрупповые РИЛЖ при этом находились в пределах нормы и не имели достоверных расхождений между собой.

Для оценки динамики параметров ЦГД была проведена повторная РЭГ в конце суточной рабочей смены (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Средние значения показателей ЦГД в конце рабочей смены ($M \pm m$)

Показатели, единицы измерения	1 группа (n=82), стаж 1-6 лет	2 группа (n=70), стаж 7-15 лет	3 группа (n=88), стаж 16-20 лет	Нормативные значения
ЧСС, уд/мин	71,8±2,0*↑	66,6±2,0*↓	67,5±1,2↑	60 - 90
САД, мм рт ст	129,3±4,2↑	130,7±3,4↓	121,2±3,7↓	110 - 139
ДАД, мм рт ст	82,5±2,6↑	85,3±3,5↓	80,6±2,2↑	60 - 89
УО, мл	102,3±4,1*↓	107,4±3,7*↑	113,5±3,8*↑	65 - 100
МОК, л/мин	7,4±0,4↓	7,1±0,3*↑	7,8±0,3↑	4,50 - 6,50
УИ, мл/м ²	45,3±3,4*↓	51,4±3,7*↑	53,5±3,5↑	30 - 65
СИ, л/мин/м ²	3,7±0,3*↓	3,4±0,1	3,7±0,2↑	1,9 - 3,6
ОПС, дин/с/см	1093,3±35,1↑	1224,4±68,1*↓	1150,3±77,3*↓	1100 - 1900
ОСВ, мл/сек	320,8±11,7*↓	324,6±12,3*↑	371,8±11,3*↑	180 - 325
РИЛЖ, кг*м/м ²	4,5±0,5↓	4,9±0,3	5,2±0,6↓	2,6 - 6,3

Примечание. М – среднее арифметическое, m – стандартная ошибка среднего арифметического; * - значимые различия средних значений в начале и конце смены при $p \leq 0,05$ (↑-увеличение, ↓- уменьшение)

Обнаружено, что в первой группе значимо увеличилась ЧСС ($p=0,036$), показатели САД и ДАД имели тенденцию к росту. Большинство объемно-временных характеристик: УО, УИ, СИ, ОСВ – значимо снизилось ($p=0,039$; $p=0,041$; $p=0,037$; $p=0,021$).

Во второй и третьей группах обнаружены противоположные тренды. Во второй группе значимо снизились ЧСС и ОПС ($p=0,035$; $p=0,022$), увеличились – УО, МОК, УИ и ОСВ ($p=0,031$; $p=0,030$; $p=0,042$; $p=0,029$). В Третьей обнаружен значимый рост у параметров УО и ОСВ ($p=0,039$; $p=0,031$), снижение – у ОПС ($p=0,028$).

В соответствии с целью работы было обнаружено, что в начале рабочей смены параметры ЧСС, САД и ДАД значимо выше во второй группе пожарных-спасателей. При этом, в первой и третьей группах эти показатели являлись наиболее оптимальными. Однако по данным РЭГ значимо высокие объемные показатели УО и СИ и временные значения гемодинамики МОК, УИ, ОСВ первой группы в сравнении с другими и нормативными параметрами можно было расценивать как неадекватное увеличение объемов выброса крови из сердца и минутного кровообращения в сравнении с потребностями организма на фоне низкого ОПС. При этом параметры РИЛЖ оказались в пределах нормы, что свидетельствовало об отсутствии перегрузок левого желудочка миокарда и служит благоприятным прогностическим признаком.

Суточная рабочая нагрузка оказала неоднозначное влияние на динамику показателей ЦГД. В первой группе обнаружена тенденция к установлению баланса между объемом сердечного выброса и периферическим сопротивлением сосудов, о чем свидетельствует соответствие нормативным показателям. Вероятно, неадекватное

увеличение объемов выброса крови из сердца и минутного кровообращения в сравнении с потребностями организма в начале смены обусловлено влиянием предсменного стресса, выполняющего роль адаптационной настройки организма в период становления профессионализма. После начала смены происходит оптимизация гемодинамического контура системами регуляции.

Во второй и третьей группах обнаружен тренд к дисбалансу центральной гемодинамики. Выявлено превышение нормативных объемно-временных параметров работы сердца на фоне понижения ОПС. По всей видимости, длительный стаж службы в условиях экстремальных нагрузок приводит к постепенному снижению адаптационных ресурсов, что отражается на функциональном состоянии ССС в конце суточной смены.

Список литературы

- Агаджанян Н. А., Нотова С.В.* 2009. Стресс, физиологические и экологические аспекты адаптации, пути коррекции. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ. С. 18-57.
- Антонов А.А.* 2004. Гемодинамика для клинициста (физиологические аспекты). М.: Аркомис-ПрофиТТ. 99 с.
- Апанасенко Г. Л., Попова Л.А.* 2000. Медицинская валеология. Ростов н/Д.: Феникс. 248 с.
- Баевский Р.М., Берсенева А.П.* 2008. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово. 174 с.
- Ванюшин Ю.С.* 2002. Компенсаторно-адаптационные реакции кардиореспираторной системы при различных функциональных нагрузках // Материалы Всеросс. науч-практ. конф. «Пути повышения социальной значимости ФК и спорта». Казань. С. 113-115.
- Гудков А. Б., Попова О.Н., Небученных А.А.* 2012. Новоселы на Европейском Севере. Физиолого-гигиенические аспекты. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета. 285 с.
- Иржак Л.И.* 2002. Потребление кислорода и энергетические затраты, связанные с применением проб Генчи и Штанге. // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. Т. 88. № 7. С. 935-938.
- Исунов И.Б.* 2010. Показатели кровообращения головного мозга и региона предплечья юношей при выполнении физической работы умеренной интенсивности // Электронный научно-образовательный журнал ВГПУ «Грани познания». № 3(8). Режим доступа: <http://www.grani.vspu.ru>. (дата обращения: 23.08.2017).
- Климов Е.А.* 2004. Введение в психологию труда. М.: Издательство Московского университета; Издательский центр «Академия». 336 с.
- Окулов Т.С., Кондратьева М.Н., Совершаева С.Л.* 2009. Реакция сердечно-сосудистой системы на дозированные изометрические нагрузки у квалифицированных спортсменов // Экология человека. № 2. С. 50-52.
- Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от

3 декабря 2013г. № 707н г. Москва «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих, раздел «Квалификационные характеристики должностей работников, осуществляющих деятельность в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности, безопасности людей на водных объектах и объектах ведения горных работ в подземных условиях»: офиц. текст. М.: Российская газета. № 6313 (41).

Старшов. А.М., Смирнов И.В. 2003. География для профессионалов. Методы исследования сосудистой системы. М.: Познават. кн. Пресс. 80 с.

Kubichek W. 1994. Development and evaluation of an impedance cardio output system // *Aerospace Med.* V. 37. P. 1208-1212.

CHANGES OF CENTRAL HEMODYNAMICS BY FIREFIGHTERS UNDER THE INFLUENCE OF WORKING LOAD

**N.Y. Vlasenko¹, I.I. Makarova², A.V. Aksenova², K.A. Strahov²,
M.A. Vlasenko³, I.N. Shukaeva²**

¹Tver State Technical University, Tver

²Tver State Medical University, Tver

³Russian National Research Medical University, Moscow

The survey involved 240 male firefighters aged 25-47 years divided into three groups according to the length of service: 1-6, 7-15, 16-25 years. At the beginning and end of the daily working shift, the parameters of central hemodynamics were determined by the method of thoracic tetrapolar rheography. At the beginning of the shift, the rescuers of the first group of rescuers showed significantly high volumetric indicators of UO and SI and the time values of the IOC, UI, OSV in comparison with other groups and regulatory parameters. A day later they showed a tendency to establish a hemodynamic balance and compliance with regulatory indicators. In the second and third groups, against the background of the initial optimal state at the end of the shift, the excess of the standard volumetric and temporal parameters of the heart was detected against the background of a decrease in the OPS.

Key words: *volume-time indices of blood circulation, firefighters, extreme working conditions.*

Об авторах:

ВЛАСЕНКО Наталья Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры психологии и философии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. А. Никитина, д. 22, e-mail: natalya_vlasenko@mail.ru

МАКАРОВА Ирина Илларионовна – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии с курсом теории и практики сестринского дела, декан факультета ВСО, ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет», 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4, e-mail: iim777@yandex.ru

АКСЕНОВА Алла Валерьевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры физиологии с курсом теории и практики сестринского дела, ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет», 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4.

СТРАХОВ Константин Анатольевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры физиологии с курсом теории и практики сестринского дела, ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет», 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4.

ВЛАСЕНКО Мария Александровна – студентка лечебного факультета, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет», 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1.

ШУКАЕВА Ирина Николаевна – старший преподаватель кафедры физиологии с курсом теории и практики сестринского дела, ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет», 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4.

Власенко Н.Ю. Изменения центральной гемодинамики у пожарных-спасателей под влиянием рабочей нагрузки / Н.Ю. Власенко, И.И. Макарова, А.В. Аксенова, К.А. Страхов, М.В. Власенко, И.Н. Шukaева // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2017. № 4. С. 48-55.